

Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Ha áttekintjük a mezőgazdaság fejlődéstörténetét, több földművelési rendszert különböztethetünk meg napjainkig. A termelőerők adott színvonalához igazodó egyes földművelési rendszerek más és más társadalmi-gazdasági formációkban voltak uralkodók.

A mezőgazdaság fejlődéstörténete és a talaj termékenysége

Minden korban a földművelési rendszer teljesítőképességét meghatározta a talajtermékenység fenntartásának módja, a tápanyagvisszapótlás lehetősége. Az egyes földművelési rendszereknek mint egésznek, része egy-egy sajátos tápanyaggazdálkodási forma is. A parlagos földművelési rendszerben a talajtermékenység helyreállítása még pusztán egy természetes folyamat eredménye. Az ugaros földművelési rendszerben a termékek növekedése akkor indult meg igazán, amikor az istállótrágya összegyűjtésére, helyes kezelésére és felhasználására nagyobb gondot kezdtek fordítani THAER munkássága nyomán a múlt század fordulóján. Az istállótrágyázás elterjedésével a szántó termékenységének fenntartásához lényegesen kisebb rét terület elegendő, mint a parlagos rendszerben (CSERHÁTI és KOSUTÁNY [6] LÁNG [26]).

A soronkövető vetésváltó földművelési rendszerben az istállótrágya szerepe változatlanul nagy, bár módosul a szántót tápláló funkciója, mert az állandó gyepek és a szántó aránya megváltozik. Az ugar helyébe részben a kapások lépnek, melyek átveszik a gyomirtó funkciót, a pillangós takarmányok pedig a rét és legelőt hivatottak helyettesíteni. Ez a helyettesítés azonban viszonylagos. A pillangósok közvetítésével több nitrogén jut a talajba részben közvetlenül a gyökérmaradványok útján, részben pedig a pillangóstagarmányok etetése révén istállótrágyán keresztül is. A gazdálkodásnak ezt a viszonylagos N telítettségét sokáig nem vették észre — mint ahogy nem vesznek tudomást a levegőről sem, amelyet belélegeznek — míg BOUSSINGAULT nem hívta fel a figyelmet erre, állapítja meg PRJANISNIKOV [37].

A talajok javuló nitrogén ellátottsága mellett felismerték a foszfor hatását a termésre, mely egyre inkább minimumba került. LIEBIG [27] a hamualkotó elemek, elsősorban a foszfor és a kálium jelentőségét hangsúlyozta lebecsülve a N trágyázás, illetve a pillangósok szerepét azt gondolva, hogy N-forrásként a levegő nitrogénje szolgál NH_4NO_3 alakjában. A múlt század 60-as éveiben részben homok- és vízkultúrában lefolytatott kísérletek eredményei

alapján világossá vált, hogy LIEBIG (PK) és BOUSSINGAULT (N) gondolatát egyesíteni kell és ezek az „NPK” jelszó a trágyázás, illetve a műtrágyázás alapjául szolgált. PRJANISNIKOV [37] a műtrágyázással kapcsolatosan a földművelés új korszakáról beszél, melyet a termékek folyamatos emelkedése jelleméz. Az említett okok miatt elsősorban a foszfortrágyák iránt nőtt meg a kereslet és nem véletlen, hogy LAWES első műtrágyagyára Angliában szuperfoszfátot termelt. Alapanyagul kezdetben csontlisztet, majd guanót, a foszfáttelepek felfedezése után pedig nyersfoszfátot használtak. Ehhez járult még az a körülmény is, hogy a N-műtrágyák ára a mezőgazdasági termékek árához viszonyítva különösen magas volt. Így pl. COOKE [5] adatai szerint még 1963/64-ben 1 kg N-műtrágya hatóanyagot 2,2 kg búza áráért vásárolhattak az angol gazdák, 1932-ben 3,4 kg, 1913-ban pedig 8,3 kg búza árát kellett fizetniük. Hasonló volt a helyzet Magyarországon is (CSERHÁTI és KOSUTÁNY [6] SARKADI [39]).

A mezőgazdaság teljesítőképességét alapvetően meghatározó növénytermesztés tehát a tápanyagutánpótlás színvonalának függvénye. COOKE [5] szerint a régebbi gazdálkodási rendszerek sikere attól függött, hogy mennyiben sikerült a növényi tápanyagokat az istállótrágyával a talajba juttatni, illetve pillangósokkal a N-többletet biztosítani. A bérleteknél előírt vetésforgó, bizonyos fajta termékek gazdaságon kívüli eladásának hagyományos tilalma a növényi tápanyagok megőrzését célozta.

A különböző földművelési rendszerek tápanyaggazdálkodásának vizsgálata nem csupán történeti érdekesség. Ismeretes, hogy Afrika számos vidékén a parlagos, vándorló földművelés ma is dívik (ENYEDI [9]). BAUMGARDNER [3] említi, hogy az Egyesült Államokban mihelyst egy farm rentabilitása a talaj kimerülése miatt csökkent, az új gazdaságot más helyre telepítették át. Ez az USA mezőgazdaságára több mint 200 éven át jellemző volt és már LIEBIG [27] DORNER [8] is felfigyelt rá. A mezőgazdasági lakosság még századunk harmincas éveiben is tömegesen vándorolt az USA távolfekvő nyugati államaiba, hogy új földet keressen. Az ősi módszert tehát az új korban is alkalmazták, illetve a gazdák kerültk a költséges trágyázást, amíg arra rá nem kényszerültek.

A Szovjetunió egyes északi, észak-nyugati területein — ahol a podzolos, tápanyagokban szegény talajok vannak túlsúlyban — rendszeres trágyázás és melioráció nélkül nem kapunk stabil terméseket. A tápanyaghiány gyakran, ugaron hagyott földeket von maga után napjainkban is. Némely körzetben ebből adódóan a szántó alig néhány %-ot képvisel a mezőgazdaságilag hasznosított területből TRUTNEV [47] szerint.

A háború alatt és utána is gyorsan nőttek a termékek az Egyesült Államokban és ez az emelkedés több mint 40%-ban a területegységről nyert termés-többletekből származott, melyek alapvetően a műtrágyázás javára írandók. A műtrágya egyre nagyobb szerepet játszik a nemzetközi segélyprogramokban. PARKER [33] adatai szerint a fejlett országokban 1959/60-ban mintegy 25 kg NPK-műtrágya hatóanyag jutott egy főre, amely megközelítően 250 kg szemterméstöbbletet jelenthet, míg a fejlődő országokban 1,3 kg — ami mindössze 13 kg szemterméstöbbletnek felelhet meg. A műtrágyafelhasználás nemzetközi tendenciáit vizsgálva hasonló következtetésekre jut LATKOVICSNÉ [25] is.

Eltérő gazdálkodási módok tápanyagforgalma és a műtrágyázás

A termőföld kihasználása egyre intenzívebbé válik a mezőgazdaság fejlődése folyamán, melyhez alapvetően a hektáronkénti termésátlagok emelkedése, valamint a parlagon és az ugaron hagyott terület arányának csökkenése vagy megszűnése és intenzív növényekkel való helyettesítése járul hozzá. Így pl. a vetésforgóra való áttéréssel megszűnik az ugar, amely korábban a szántó 50, illetve 33 százalékát (két, illetve háromnyomásos gazdálkodás) foglalta el. E terület bevetése kapásnövényekkel, gyökértermesűekkel a hozamokat ugrás-szerűen növelhette, mert ezek a növények 2–3-szor annyszárazanyag termelésre képesek mint a kalászosok — jegyzi meg PRJANISNIKOV [37].

Ha az 1 ha művelt területről, illetve szántóról nyert gabonahozamok alakulását vizsgáljuk, a fejlődés nagyon imponáló, a termések emelkedése az idő függvényében exponenciális görbéhez hasonló trendet jelez. Próbáljuk meg ezt a fejlődést számszerűen is megbecsülni:

Parlagos gazdálkodás	1 —	2 q/ha szemtermés
Ugaros gazdálkodás	4 —	6 — „ —
Vetésforgó a századfordulón	10 —	15 — „ —
Magyarország az 1970-es években	30 —	40 — „ —
Élenjáró üzemek az 1970-es években	50 —	60 — „ —
Élenjáró üzemek az ezredfordulón	80 —	100 — „ —

A kalászosok elméletileg 600 q/ha szemtermésre is képesek egyes szerzők — pl. SZOZINOV [45] — szerint, így várhatóan ez a fejlődés a távolabbi jövőt illetően is tovább tart majd.

Amint arra már utaltunk, az egyes gazdálkodási rendszerek teljesítő-képességét alapvetően meghatározza a tápanyagvisszapótlás színvonala is. És ez így van ma is, a fejlett iparszerű növénytermelés, gyakran specializált monokultúrás árutermeléssel egybekötött viszonyai között. Soha nem látott mértékben nőtt meg a tápanyagigény. Összehasonlításképpen az 1. táblázatban

1. táblázat

Négy évi növényi NPK veszteség eltérő gazdálkodási viszonyok között
kg/ha hatóanyagban kifejezve

Gazdálkodás módja	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen
Parlagos gazdálkodás (saját becslés)	12	4	2	18
Előszállási Gazdaság (CSERHÁTI és KOSUTÁNY [6])	20	8	5	33
Rothamstedti vetésforgó a XIX. sz.-ban (COOKE [5])	64	21	7	92
Magyaróvári Gazdaság (CSERHÁTI és KOSUTÁNY [6])	61	24	16	101
Á. G. modell 1970 — 75-ben (saját becslés)	337	108	160	605
Korszerű árutermelő forgó Angliában (COOKE [5])	438	144	490	1072
Á. G. modell 2000-ben (saját becslés)	674	216	320	1210

bemutatjuk a növényi tápanyagveszteség mértékét eltérő gazdálkodási viszonyok között, egy 4 éves ciklus ideje alatt.

A betakarított termés tápelemtartalmával becsült tápelelmigény ugyan nem azonos a trágyaigénnyel (ez utóbbit más tényezők, mint pl. elsősorban a talaj tápanyagellátottsága módosítja), de első megközelítésben trágyaigénnyről is informálódunk. A tervezett termés tápelemtartalmából indulunk ki ugyanis a trágyaszükséglet megállapításakor.

Néhány módszertani megjegyzést kell tennünk az 1. táblázatban bemutatott tápanyagforgalom adataihoz. A parlagos gazdálkodás során fellépő tápanyagvesztések becslésénél abból indultunk ki, leegyszerűsítve, hogy a művelésbevétele megelőző felégetés után 2 évig 5–10 q/ha a kalászosok szemtermése, majd 8 éven át a terület parlagon marad. Így egy 10 szakaszos művelés esetén évente és ha-ként 1–2 q/ha szemterméssel számolhatunk. A betakarítás sarlóval történik és csak a kalász, illetve a szem NPK-tartalma távozik el a területről. Míg a szalmát elégetik úgy utóbbinak K-tartalma a táblán marad. A 10 q szem tápelemtartalmát szalma nélkül kerekén $30-10-5 = N-P_2O_5-K_2O$ kg fajlagos vesztésnek vettük.

CSERHÁTI és KOSUTÁNY szintén leegyszerűsített számításokat végzett, amennyiben a gazdaságon belüli vesztéseket — melyek N és K esetén a 30–40%-ot is elérhetik — figyelmen kívül hagyta. Igaz azonban, hogy ebben a modellben kisebb is a szerepük, hiszen a réti szénával a szántókra K feleslegben kerül, a pillangósok pedig a N mérleg hiányát kiegyenlíthetik. Adatai a gazdaság szintjén előálló, az eladott termékekben foglalt tápanyagokkal becsült tápanyagvesztéseket mutatják. Az Előszállási Gazdaság a múlt század végén egy tipikusnak mondható, kevésbé árutermelő üzemet képvisel, míg a Magyaróvári Gazdaság túlnyomóan árutermelő jellegű.

Az „Állami Gazdaság” általunk vett modelljében feltettük, leegyszerűsítve, hogy 3 táblából áll, melyeken búzát — kukoricát és takarmánynövényeket termesztnek. Az üzemben termelődő istállótrágyát az állattenyésztő telep körül elhelyezkedő táblára szállítják, ahonnan a takarmánynövényeket is kapják. A távolabb fekvő két tábla nem kap istállótrágyát, csak műtrágyákat. Ez utóbbi két táblát árnövényekkel, búza—kukorica 2 évenkénti váltásával hasznosítják. A kukoricát kombájnolják, így csak a szem távozik el a tábláról, míg a szarát alászántják. A búzatábláról a szem és a szalma is elkerül. A termésátlagok 1970–75. években 50 q/ha szem, míg 2000-ben megduplázódnak és 100 q szem/ha mennyiségeket tesznek ki mind búzából mind kukoricából.

A fenti számítások szerint így 1970–75. évben a búzatábláról 4 év alatt 200 q szem és a hozzátartozó melléktermék szalma tápanyagai, míg a kukorica-tábláról a 200 q kukorica szem tápanyagai távoznak. A 10 q szem + szalma tápanyagtartalmát búzánál $30-10-20 = N-P_2O_5-K_2O$ kg-nak, míg a 10 q kukorica szem beltartalmát $19-6-4 = N-P_2O_5-K_2O$ kg fajlagos értéknek vettük. Az őszi búza és a kukorica átlagos fajlagos tápelemtartalmának értékeit irodalmi adatok, valamint nagyszámú saját vizsgálat alapján alakítottuk ki (KÁDÁR [19, 20]). E becslések szerint a búzatábláról 4 év alatt $600-200-400 = N-P_2O_5-K_2O$ kg, illetve a kukoricatábláról 4 év alatt $380-120-80 = N-P_2O_5-K_2O$ kg növényi tápanyagvesztés áll elő. Tekintettel arra, hogy a közelfekvő takarmánytermesztés céljait szolgáló tábla tápanyagszükségletét az istállótrágyával fedezzük, a tápanyagvesztés üzemi szinten 1/3-ával csökken. A 4 év alatt fellépő ha-kénti átlagos növényi tápanyagvesztés így 1970–75. években $337-108-160$ kg $N-P_2O_5-K_2O$, azaz mindösszesen 605 kg, míg 2000-ben 1210 kg körül alakul.

A bemutatott becslések is mutatják, hogy a mezőgazdasági termelés alapjául szolgáló növénytermelésben a gazdálkodási rendszerektől, vetésforgóktól való elszakadás anyagi háttérét a tápanyagutánpótlás lehetőségei behatárolják. Ma, amennyiben elvileg korlátlanul állnak rendelkezésünkre növényi tápanyagok, műtrágyák, nagyüzemeink figyelmen kívül hagyhatják és hagyják is a korábban változhatatlannak tartott rendszereket és szemléleteket. Az elmúlt másfél évszázad folyamán többé-kevésbé tisztázódtak ismereteink a növényi táplálkozás alapjairól. Az ásványi tápanyagokkal kapcsolatos felismerések lehetővé tették, hogy eljussunk a műtrágyázás gondolatáig, amit úgy is kifejezhetünk SÁRKÁNY [43] szavaival élve, hogy az ipari üzemekben, bányákban szinte korlátlan volumenű termés feltételeit állíthatjuk elő. Már számos országban ma is, de méginkább a jövőben a mezőgazdaság élelmiszerkitermelő kapacitásának egyik fő meghatározója a felhasznált műtrágya lesz. A fejlődés első sorban mennyiségi vonatkozású volt, de máris új minőségi problémákat vet fel, mert a műtrágya egyre inkább nyomatókos költségtenyezővé válik és az élelmiszertermelés energiaigényét növeli (GÓR NAGY [14]).

Magyarország tápanyaggazdálkodásának fejlődése a századforduló óta

A trágyázási szaktanácsadás, illetve a tápanyagkutatások során használatos alapelvek és módszerek segítséget adhatnak nemcsak egy tábla, gazdaság tápanyagforgalmának vizsgálatára, trágyaigényének becslésére, hanem országos szinten is. A talaj—trágya—növény rendszer anyagforgalmának nyomonkövetésére egyik alapvető módszerünk a tápanyagmérleg. Agrokémiai jellegű kutatások során — mint pl. a tudományos igényű trágyázási szabadföldi kísérletezésben — a termések által felvett és a különböző trágyákkal a talajba juttatott tápanyagmennyiségek szembeállítás útján kapott tápanyagmérlegek tájékoztatnak az egyes parcellák, kísérleti kezelések talajában végbemenő anyagforgalmi folyamatokról. Erre a vázra épülnek gyakran a további vizsgálataink és tudományos megállapításaink. A fejlett mezőgazdasággal rendelkező országok trágyázási szaktanácsadási rendszerének alapjául szintén a tápanyagmérleg szolgál. A tervezett termés tápanyagtartalmának ismeretére épül a trágyaszükséglet megállapítása, melyet a talaj tápanyagállapotának figyelembevételével módosítanak (GISIGER [13], KÁDÁR [17, 18], KOPETZ [22], POSZTNIKOV [36], SARKADI [38] stb.).

Tápanyagmérlegek segítségével tájékozódhatunk egy ország tápanyaggazdálkodásának helyzetéről, melynek nemzetgazdasági kihatásai is vannak, ezért ismerete és figyelembe vétele a céltudatos agrárpolitika fontos része. Ahhoz, hogy a mezőgazdaság is a nagy pontossággal tervezhető népgazdasági ágazatok egyike legyen, szükséges az alapvető terméshatásoló tényezők szerepét felmérni, megtervezni, optimalizálni. Ismeretes például, hogy a századfordulótól az 1950-es évek derekáig Magyarországon a termésátlagok nem emelkedtek, melynek egyik alapvető oka az erősen mérleghiányos tápanyaggazdálkodás volt (GYÖRFFY [15], SARKADI [39]).

Az elmúlt fél évszázad folyamán országos szintű tápanyag, illetve talajerőmérlegek már több-kevesebb rendszerességgel készültek és ma már jelentős hazai (ZUKKER [48], FARKAS [10], TÓTH és KUZMIÁK [46], LÁNG [26], GYÖRFFY [15], SARKADI [40], KÁDÁR [19]) irodalommal rendelkeznek. Jelentőségük együtt nőtt a műtrágyafelhasználás volumenének növekedésével és különösen fontossá váltak az utóbbi évtizedekben a tervgazdálkodást folytató, illetve

tervgazdálkodásra törekvő országokban (COOKE [4], SZOKOLOV et al. [44], PETERBURGSZKIJ [34], GISIGER [13], GERICKE [11], CSURKIN [7], GETMANEC et al. [12], ICSINHORLOO és CSULTEMSZUREN [16], MARKOVSKIJ [28], NAJDIN és GULIDOVA, [32], PONOMAREVA [35] stb.). Ezek a felmérések ugyanakkor — tekintve, hogy az agrokémiai ismeretek adott szintjét és meghatározott szemléletet is tükröznek — nem minden további nélkül vethetők össze, módszertanilag nem teljesen egységesek. Munkámban éppen ezért arra törekedtem, hogy az alkalmazott elvekre és számításokra részletesen is kitérjek.

A tápanyagmérlegek felállításával, illetve a később ismertetett alapelvek segítségével végzett trágyaigény becslése — műtrágyaigény becslése, hiszen a szerves trágya-termelés lassan változik — elvégezhető regionálisan is, mint pl. egyes megyék, járások, stb. szintjén. Hasonló módon műtrágyaigény becslést végezhetünk a következő évekre, évtizedekre is, mert ma sem ismerünk jobb módszert a tervezett tápelemigény felmérésére, mint a tápanyagmérlegeket. Az ilyen jellegű elemzések különösen fontosak lehetnek a mezőgazdaságot irányító, műtrágyákat gyártó, valamint a szaktanácsadó intézmények számára a tervezést — elosztást — felhasználást elősegítő operatív és felvilágosító-propaganda tevékenységükhöz. A növénytermesztésben, illetve a talajtermékenységi kutatásokban érdekelték számára orientáló és áttekinthető jelleggel bíró információkat hordoz.

Bár becslésről beszélünk, ez a becslés konkrét statisztikai adatokon és általánosan elfogadott átlagértékeken alapul, mely lehetővé teszi a tudományos megbízható elemzést. Országos szinten is figyelembe vehetjük ehhez a talajvizsgálati adatokat amennyiben rendelkezésre állnak (SARKADI és STEFANOVITS [42]), utóbbiak kontrollként szolgálhatnak az országos tápanyagmérlegek mellett, növelik azok megbízhatóságát. Pozitív PK mérleg esetén ugyanis a talaj tápanyagokban gazdagodik, PK ellátottsága javul és ez az állapot tükröződik a talajvizsgálati eredményeken is. Szükséges továbbá a talajvizsgálati adatok ismerete a távlati műtrágyaigény becsléséhez, mivel a tervezett termés tápelemtartalma csak alap a trágyaigény megítéléséhez, melyhez a talaj tápanyagállapotát is figyelembe kell venni. Az országos tápanyagmérlegekben a tervezett termés tápanyagszükségletének megállapításakor a tervezett terméssel felvett NPK mennyiségéhez a rosszul ellátott és talajgazdagító trágyázásra, feltöltésre szoruló talajok többlet tápelemigényét is hozzá kell adni.

Az országos tápanyagmérleg felállításakor tágabb értelemben minden olyan tényezőt számba kell vennünk, melyek a tápanyagforgalom növekedéséhez vagy csökkenéséhez vezetnek. Bevételi források, illetve a növekedés tényezői lehetnek a felhasznált műtrágyák, szerves trágyák, szabadon élő baktériumok és a pillangós növények által megkötött N mennyisége, a csapadék útján talajba jutó tápanyagok, vetőmag tápelemtartalma és a talajból fel-tárolódó tápanyagok (mineralizáció). A csökkenés, illetve a kiadás tételei a növények által felvett táplálóanyagok mennyiségei, kimosódás és denitrifikáció által előálló veszteségek, valamint a talajokban végbemenő leköltődés (fixáció).

Kétségtelen azonban, hogy döntő bevételi forrás a trágyázás, ellentétben pedig a növények által felvett tápanyagok. Az egyéb tételek részben ellensúlyozzák egymást, részben pedig elhanyagolhatók. Ez utóbbiakhoz járul még, hogy számbavételükhöz gyakran nem rendelkezünk elegendő megbízható adattal. Az említett megfontolások alapján egyes tényezőket közvetetten igyekeztünk figyelembe venni, illetve néhány egyszerűsítést is eszközöltünk, hogy a tápanyagmérleg áttekinthetőbb legyen. Így feltettük, hogy a légköri nitrogén-

ből származó, csapadékokkal a talajba jutó és szabadon élő 'nitrogéngyűjtő' baktériumok által megkötött többletek és a párolgás, denitrifikáció, illetve a kimosódásból előálló veszteségek megközelítően azonos nagyságrendűek és kiegyenlítik egymást. Hasonlóképpen nem vettük figyelembe a tápanyagmegkötődést sem. A mérlegen túl adagolt tápanyagok a talajt gazdagítják, növelik annak nemcsak összes, hanem felvehető tápanyagtartalmát is, melyek talajvizsgálatokkal jól követhetők. A foszfor és a kálium kimosódásával országos szinten előálló veszteségek és a vetőmaggal talajba jutó bevételek a össtápanyag forgalomnak mindössze néhány vagy néhány tized %-át jelentik és részben kiegyenlítik egymást, ezért ezeket a tényezőket is elhanyagoltuk.

A talajból származó, ásványosodás útján feltáródó tápanyagokkal nem számoltunk a mérlegben, hiszen ezek hiányos mérleg esetén éppen a hiányt fedezik. A mérleg felállításának célja gyakran éppen a hiány — talajzsarolás vagy rablógazdálkodás — mértékének megállapítása.

A hüvelyesek és pillangósok mint N források jelentős szerepet játszhatnak, hiszen a múlt század elején mint utaltunk rá döntően járultak hozzá a termések megduplázásához Nyugat-Európában. Elhanyagolásuk tehát komoly hibát is okozhat. A pillangós növények mint N források azonban vetésterületük alapján sohasem módosították alapvetően a N ellátottság színvonalát Magyarországon. Az össtápanyag forgalomban a pillangósok szerepe csekély volt és maradt. Mint PRJANISNIKOV [37] írta „az orosz csernozjom talaja pótolta azt a nitrogént, amit Nyugat-Európában a pillangósok szolgáltattak”. Hasonló volt a helyzet Magyarországon is. Ehhez járul még, hogy amint azt a közismerten nagyszámú szabadföldi kísérlet tanúsítja a pillangósok N szükségletüket csak akkor fedezik a levegőből, ha kevés a talaj ásványi N-tartalma. A N-műtrágyázás színvonalának emelkedésével tehát a pillangósok egyre inkább N fogyasztókként lépnek fel és ezzel a N mérleget egyre kevésbé módosítják. Az elinondottak alapján a pillangósokat mint N fogyasztókat vettük figyelembe.

A termésekkel felvett tápanyagok megítélése során igyekeztünk minden fontosabb növényfajt külön-külön számba venni. Bár az átlagos NPK-tartalom eltérhet a ténylegestől, nagyobb vagy kisebb lehet egy-egy növényfaj esetében, azonban országosan és nagyobb számú kultúra mellett ezek a különbségek bizonyos fokig kiegyenlítődnek. A termésadatokat, valamint a műtrágyafelhasználás és az istállótrágya-termelés adatait a statisztikai évkönyvekből (KSH [30, 31]), az egységnyi főtermékkel és a hozzá tartozó melléktermékkel kivont NPK-tartalmakat pedig irodalmi adatok és saját vizsgálataink alapján becsültük (2, 3, 4. táblázatok). Tekintve, hogy számos kultúrára egyáltalán nincs vagy igen kevés a hazai adat, ezért a külföldi irodalmi forrásokat is felhasználtam a fajlagos NPK-tartalom átlagértékeinek kialakításához.

Ismert biokémiai törvényszerűség, hogy a növények tápanyag %-ai északnyugatról délkelet felé haladva nőnek, míg a termések általában csökkennek. Magyarország az átmenetet képviseli Európában. A leginkább hozzáférhető és leggazdagabb irodalmi forrásokat ugyanakkor éppen a tőlünk északnyugatra fekvő hűvösebb, csapadékosabb éghajlattal rendelkező országok és a tőlünk keletre fekvő szárazabb, kontinentálisabb jelleggel bíró Szovjetunió nyújtja. E megfontolások alapján elsősorban a német, orosz és a magyar nyelven megjelent irodalmi forrásokat használtuk fel, illetve átlagoltuk a fajlagos NPK-tartalom becslése céljából.

Példaképpen bemutatjuk az őszi búza (2. táblázat) és a kukorica (3. táblázat) fajlagos NPK-tartalmát különböző irodalmi források alapján és a N-tar-

2. táblázat

Az őszi búza fajlagos NPK-tartalma különböző irodalmi források alapján, a N-tartalom szerint rendezve (10 q szem és a hozzá tartozó szalma pelyva melléktermékkel)*

Sor- szám	Melléktermés	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Forrás
	Főtermés	kg-ban			
1.	—	21	10	14	BALLENEGGER (1936)
2.	1,5	22	12	19	FARKAS (1942)
3.	1,4	23	13	19	RICHTZAHLEN (1956)
4.	1,5	24	11	15	DI GLÉRIA (1954)
5.	1,9	24	11	22	NOSTIZ (in: Selke 1965)
6.	1,8	25	13	22	HANDBUCH (1965)
7.	1,7	25	9	18	SARKADI (1969)
8.	1,5	26	12	18	DI GLÉRIA (1964)
9.	1,5	27	11	18	HÉJAS—RÁZSÓ (1962)
10.	2,0	27	10	20	SARKADI (1975)
11.	1,5	27	11	18	DWORÁK (1943)
12.	1,5	27	11	18	LÁNG (1960)
13.	1,4	27	13	18	ÁG. útmutató (1964)
14.	—	28	10	17	SELKE (1965)
15.	—	28	13	22	JACOB (1949)
16.	1,6	28	5	18	BERGMANN (1965)
17.	1,8	28	14	22	DAVIDESCU (1959)
18.	1,5	28	11	15	CSERHÁTI—KOSUTÁNY (1887)
19.	1,5	28	14	20	KISS (1967)
20.	1,5	29	11	18	KALENDER (1914)
21.	1,7	29	12	25	RICHTZAHLEN (1957)
22.	—	30—50	10—13	20—30	SZPRAVOCSENIK (1964)
23.	—	30—34	12	24—25	ZSEZSEL—PANTELEEVA (1966)
24.	1,4	30	11	16	KÁDÁR et al. (1976)
25.	—	30	12	22	DI GLÉRIA (1964)
26.	—	30	10	20	SZPRAVOCSENIK (1960)
27.	—	31—42	10—17	15—35	SZPRAVOCSENIK (1964)
28.	2,1	31	12	24	MÜLLER (1926)
29.	—	32	13	21	FEKETE (1952)
30.	—	35	10—14	24—33	PETERBURGSKIJ (1967)
31.	1,5	35	14	31	TISDALE—NELSON (1966)
32.	2,0	37	13	23	SZPRAVOCSENIK (1960)
33.	1,0	37	13	23	ARTJUSIN (1967)
34.	—	37	13	23	ALMÁSSY et al. (1968)
35.	—	42	17	34	SZPRAVOCSENIK (1960)
36.	2,4	42	14	28	SESZTAKOV (1954)

* Ahol külön a szem és külön a szalma NPK-tartalma volt megadva, ott 1,5 melléktermék/főtermék aránnyal számoltunk.

talom szerint rendezve. Amint e táblázatokból kitűnik az alapadatok szórása igen jelentős, többszörös különbségek is előfordulhatnak az irodalomban. Hasonló a helyzet a többi kultúránál is. A 4. táblázatban áttekintő jelleggel feltüntetjük az egyes növényfajokra publikált minimális és maximális fajlagos értékeket, valamint az általunk becsült átlagos fajlagos NPK-tartalmakat.

Ismeretes, hogy a növények fajlagos tápelemtartalma a környezeti és genetikai viszonyoktól függően kisebb-nagyobb mértékben ingadozik, illetve változik. Az eddigi tapasztalatok szerint a nemesítés fejlődésével általában csökken a fajlagos tápanyagtartalom, amely elsősorban a szem/szalma, illetve

3. táblázat

A kukorica fajlagos NPK-tartalma különböző irodalmi források alapján, a N-tartalom szerint rendezve (10 q szem és a hozzá tartozó szár mellékterméssel)*

Sor- szám	Melléktermés	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Forrás
	Főtermés	kg-ban			
1.	1,4	21	8	21	TISDALE—NELSON (1966)
2.	—	20—22	8—9	15—18	KRÁMER et al. (1977)
3.	—	20—25	8—10	16—20	SARKADI (1969)
4.	—	22	8—9	22	SZPRAVOCSENIK (1960)
5.	—	23	11	39	BALLENEGGER (1936)
6.	1,5	23	11	28	CSEHÁTI—KOSUTÁNY (1887)
7.	—	24	11	40	SELKE (1965)
8.	—	24	11	30	JACOB (1949)
9.	—	24	7	33	PETERBURGSZKIJ (1967)
10.	1,5	24	13	23	FARKAS (1942)
11.	1,7	25	11	27	RICHTZAHLEN (1957)
12.	1,6	25	11	28	RICHTZAHLEN (1956)
13.	1,8	25	5	26	BERGMANN (1965)
14.	1,8	26	10	26	SELKE (1965)
15.	—	26—30	9—10	29—30	KLECSKOVSKIJ—PETERBURGSZKIJ (1964)
16.	—	26	10	27	DI GLÉRIA (1964)
17.	1,5	27	10	28	KALENDER (1914)
18.	1,5	27	10	28	Handbuch (1965)
19.	—	27	11	25	SELKE (1965)
20.	1,5	28	9	11	LÁNG (1960)
21.	1,5	28	12	29	DI GLÉRIA (1954)
22.	1,5	29	18	28	ÁG útmutató (1964)
23.	1,5	29	10	29	KISS (1967)
24.	1,7	29	11	32	Handbuch (1965)
25.	—	30	8	23	SZPRAVOCSENIK (1961)
26.	—	30	10—12	25—30	SZPRAVOCSENIK (1964)
27.	1,5	30	18	28	DWORAK (1943)
28.	1,5	31	10	28	DI GLÉRIA (1964)
29.	2,0	31	12	36	Handbuch (1965)
30.	2,0	34	12	37	SZPRAVOCSENIK (1960)
31.	2,0	34	12	37	ARTJUSIN (1967)
32.	—	34	12	37	ALMÁSSY et al. (1968)
33.	2,5	43	16	50	DAVIDESCU (1959)

* Ahol a szem- és a szár NPK-tartalma külön volt megadva, ott 1,5 melléktermék/főtermék aránnyal számoltunk.

a fő/melléktermékek aránymódosulására vezethető vissza (erre utal a 2., 3. táblázat is). Hazai viszonyaink között az őszi búzát és a kukoricát kiemelt pontossággal kell becsülnünk, hiszen mind a művelt terület, mind pedig az összterméssel felvett NPK-tartalomnak több mint a felét teszi ki. Saját vizsgálataink szerint is jól kimutatható volt a trágyázás, a termésszint és a fajta hatása a kukorica, valamint az őszi búza tápanyagtartalmára (KRÁMER et al. [24], KÁDÁR et al. [21], KÁDÁR [18]).

Az intenzívebb trágyázás és az újabb fajták magasabb szemterméseket eredményeznek, így szűkül a melléktermék/főtermék aránya és csökkenhet a fajlagos tápelemtartalom.

4. táblázat

A terméssel kivont fajlagos NPK-tartalom alakulása különböző kultúráknál, kg-ban
(10 q fő- és a hozzá tartozó melléktermékkel)

Sor- szám	Kultúra	Forrás- munkák száma	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
			min—max	Becsült	min—max	Becsült	min—max	Becsült
1.	Búza	[36]	21—42	30	5—17	12	14—35	21
2.	Rozs	[30]	18—44	27	6—22	13	16—47	26
3.	Rizs	[14]	17—37	23	6—22	12	12—37	18
4.	Árpa	[26]	18—34	26	4—11	11	12—31	23
5.	Zab	[32]	19—34	28	4—17	12	6—45	27
6.	Kukorica	[33]	20—43	27	5—18	11	11—50	29
7.	Hüvelyesek*	[29]	47—88	60	7—22	16	16—52	31
8.	Cukorrépa	[35]	25—65	43	6—21	15	38—107	56
9.	Rostkender- és len	[14]	5—30	12	2—20	5	3—60	10
10.	Dohány	[9]	34—84	59	9—25	20	39—127	89
11.	Olajosnövények**	[24]	38—63	50	6—41	24	23—278	72
12.	Burgonya	[31]	40—89	52	8—48	20	49—164	90
13.	Zöldségfélék***	[44]	24—123	35	4—50	16	9—134	53
14.	Silókukorica, csalamádé	[23]	12—62	27	4—30	12	16—60	35
15.	Takarmányrépa	[16]	20—100	34	3—35	11	29—145	56
16.	Egynyári szénák	[12]	8—42	24	3—12	6	13—71	17
17.	Évelő szénák	[39]	20—34	26	2—11	7	12—55	20
18.	Réti széna	[23]	7—26	16	2—10	6	3—39	18
19.	Legelő széna	[15]	6—40	22	1—10	6	3—42	22
20.	Szőlő	[8]	11—160	56	14—56	26	42—195	83
21.	Gyümölcs	[3]	50—100	73	20—60	39	50—150	96

* Borsó, bab. ** Napraforgó, repce, olajlen, mák. *** Káposzta, hagyma, borsó, paradicsom, paprika

Megjegyzés: A 8, 12, 13, 14, 15, 20, 21 sorszám alatti kultúráknál 100 q fő — melléktermékre megadva.

Nem fogadható el az a nézet, mely szerint a terméssel felvett tápanyagok megítélésénél a pontosságra való törekvés vesztett jelentőségéből, mert egyre több műtrágyával rendelkezünk. Nő ugyanis a termések szintje és ezzel együtt a becsléssel elkövetett hiba nagysága is. Egy adott helyen, évben, fajtánál, stb. nyert értékek jelentősen eltérhetnek egymástól. Így pl. a 3. táblázatban közölt kukorica fajlagos tápanyagtartalmában, annak ellenére hogy főképpen a kézikönyv-jellegű forrásokat, stabilabb átlagadatokat prezentáló publikációkat igyekeztünk felhasználni, a variációs koefficiens (CV%) a következőképpen alakult: N = 17, P₂O₅ = 23, K₂O = 15. A legnagyobb különbséget a minimális és maximális adatok között is a P esetén találjuk (4. táblázat). A nemzetközi irodalmi forrásokra is támaszkodva azonban a szélsőséges értékek kiszűrhetők és viszonylag stabil átlagok képezhetők, melyekkel mint irányszámokkal biztonságosabban dolgozhatunk.

A különféle növényekkel felvett tápanyagmennyiségek alakulását mezőgazdaságilag hasznosított területre 1971. és 1975. években az 5. táblázat mutatja. Számításaink szerint 1971-ben mintegy 441 ezer tonna N, 165 ezer tonna P₂O₅ és 420 ezer tonna K₂O növényi tápanyagveszteséggel számolhattunk, míg 1975-re ez a tápanyagmennyiség megközelítően 20–25%-kal tovább emel-

5. táblázat

A különféle növényekkel felvett tápanyagmennyiségek alakulása 1971. és 1975. években.
(Mezőgazdaságilag hasznosított terület)

Sor szám	Kultúra	Főtermés 1000 t-ban		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		1971	1975	kg/t-ban			1000 t-ban 1971-ben			1000 t-ban 1975-ben		
1.	Búza	3922	4007	30	12	21	117,7	47,1	82,4	120,2	48,1	84,2
2.	Rozs	182	147	27	13	26	4,9	2,4	4,7	4,0	1,9	3,8
3.	Rizs	67	69	23	12	18	1,5	0,8	1,2	1,6	0,8	1,2
4.	Árpa	785	701	26	11	23	20,4	8,6	18,1	18,2	7,7	16,1
5.	Zab	91	92	28	12	27	2,5	1,1	2,5	2,6	1,1	2,5
6.	Kukorica	4732	7172	27	10	28	127,8	47,3	132,5	193,6	71,7	200,8
7.	Hüvelyesek	121	131	60	16	31	7,3	1,9	3,8	7,9	2,1	4,1
8.	Cukorrépa	2023	4089	4,3	1,5	5,6	8,7	3,3	11,3	17,6	6,1	22,9
9.	Rostkender és len	131	79	12	5	10	1,6	0,7	1,3	0,9	0,4	0,8
10.	Dohány	16	17	59	20	89	0,9	0,3	1,4	1,0	0,3	1,5
11.	Olajos növé- nyek	263	244	50	24	72	13,2	6,3	18,9	12,2	5,9	17,6
12.	Burgonya	1797	1630	5,2	2,0	9,0	9,3	3,6	16,2	8,5	3,3	14,7
13.	Zöldségfélék	1682	1632	3,5	1,6	5,3	5,9	2,7	8,9	5,7	2,6	8,6
14.	Silókukorica, csalamádé	4246	5503	2,7	1,2	3,5	11,5	5,1	14,9	14,9	6,6	19,3
15.	Takarmány- répa	1116	842	3,4	1,1	5,6	3,8	1,2	6,2	2,9	0,9	4,7
16.	Egynyári szénák	261	230	24	6	17	6,3	1,6	4,4	5,5	1,4	3,9
17.	Évelő szénák	2085	2898	26	7	20	54,2	14,6	41,7	75,3	20,3	58,0
18.	Réti széna	562	546	16	6	18	9,0	3,4	10,1	8,7	3,3	9,8
19.	Legelő széna	981	1076	22	6	22	21,6	5,9	21,6	23,7	6,5	23,7
20.	Szőlő	745	813	5,6	2,6	8,3	4,2	1,9	6,2	4,6	2,1	6,7
21.	Gyümölcs	1231	1355	7,3	3,9	9,6	9,0	4,8	11,8	9,9	5,3	13,0
Összesen: :		—	—	—	—	—	441,3	164,6	420,1	539,5	198,4	517,9

kedett. A búza + kukorica által felvett NPK összege mindkét évben eléri vagy meghaladja az 55%-ot, tehát az összes felvett tápanyagok több mint felét.

A tápanyagveszteségek becslése után rátérhetünk a különféle trágyákkal talajba visszajuttatott tápanyagok számbavételére. Az istállótrágya átlagos beltartalmát 0,50 N — 0,25 P₂O₅ — 0,60 K₂O %-os értékekkel vettük figyelembe. Tekintve, hogy a legtöbb külföldi szerző, valamint a hazai szabadföldi kísérletek (SARKADI [39], SARKADI és BÁNÓ [41], BALLÁNÉ [1, 2], KRÁMER [23], stb.) tanulságai szerint is az istállótrágya N-tartalma csak kb. 50%-ban érvényesül a műtrágya N-tartalmához viszonyítva, ezért a mérlegben 0,25% műtrágyaegyenértékű N-tartalommal számoltunk.

A modern alomnélküli állattartás a gazdaságok szalmaszükségletét a minimumra csökkenti, a kukorica szára mint takarmány pedig az intenzív állattartásban kisebb szerepet játszik. A kombájn betakarítás után gyakran, a szalma, de különösen a kukoricaszár a táblán marad és beszántásra kerül. E megfontolások alapján a kukoricaszárat mint tápanyagforrást vettük figyelembe. Tekintve, hogy a kukorica 27—10—28 = N—P₂O₅—K₂O kg fajlagos tápelemtartalmából mintegy 19—6—4 a szem és 8—4—24 a hozzátartozó melléktermékekre esik, így ez utóbbi mennyiségeket a „visszapótlás kukorica-

6. táblázat

Magyarország tápanyagmérlege az 1971. és 1975. években.
Mezőgazdaságilag hasznosított terület

Mérleg tételei	1971-ben				1975-ben			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen
1000 tonnában								
Terméssel felvett	441,3	164,6	420,1	1026,0	539,5	198,4	517,9	1255,8
Visszapótlás:								
Istállótrágyával	58,3	58,3	139,9	256,5	58,3	58,3	139,9	256,5
Kukoricaszárral	37,9	18,9	113,6	170,4	57,4	28,7	172,1	258,2
Műtrágyákkal	393,5	250,9	309,2	953,6	535,8	429,3	553,1	1518,3
Összesen	489,7	328,1	562,7	1380,5	651,5	516,3	865,1	2033,0
Egyenleg	48,4	163,5	142,6	354,5	112,0	317,9	347,2	777,2
kg/hektárban								
Terméssel felvett	64,4	24,0	61,3	149,7	79,7	29,3	76,5	185,5
Visszapótlás:								
Istállótrágyával	8,5	8,5	20,4	37,4	8,6	8,6	20,7	37,9
Kukoricaszárral	5,5	2,8	16,6	24,9	8,5	4,2	25,4	38,1
Műtrágyákkal	57,4	36,6	45,1	139,1	79,1	63,4	81,7	224,2
Összesen	71,4	47,9	82,1	201,4	96,2	76,2	127,8	300,2
Egyenleg	7,0	23,9	20,8	51,7	16,5	46,9	51,3	114,4
Visszapótlás intenzi- tása %	111,0	200,0	134,0	134,0	121,0	260,0	167,0	162,0
* Egyenleg	1,5	21,1	4,2	26,8	8,0	42,7	25,9	76,6
* Visszapótlás inten- zitása %	102,0	188,0	107,0	118,0	110,0	246,0	134,0	141,0

* Kukoricaszár nélkül

szárral” rovatban tüntettem fel. Amint a 6. táblázat adataiból megállapítható, a kukoricaszárral visszapótlott tápanyagok nagyságrendileg az istállótrágya tápanyagával azonosak, különösen ami az 1975. évet illeti.

A terméssel kivont és a különböző trágyák útján talajba juttatott tápanyagok szembeállítása útján kapott mérleg arról tanúskodik, hogy mindkét vizsgált évben az ország ásványi tápanyaggazdálkodása jelentős pozitívummal zárult. A többlet ha-ként foszfor és kálium esetében mintegy 20–25 kg, nitrogénre pedig 7 kg, 1971-ben, míg 1975-re ezek a többletek közel megduplázódtak. Magyarország tehát elérkezett oda, hogy országos átlagban a tápanyagmérlegeiben a „hiány” helyett „többlet”-ről beszélhetünk. Tulajdonképpen ez az a háttér, melynek alapján valóban állíthatjuk, hogy az intenzív mezőgazdasági termelés birtokában vagyunk, mert ez a megállapítás a tápanyaggazdálkodás terén is megalapozott.

A változás igen jelentős volt az elmúlt évtizedekben. Lássuk ehhez GYÖRFFY [15] 1960–64. évek átlagára felállított tápanyagmérlegét, melyet a 7. táblázat tüntet fel. Ebben a mérlegben a kukoricaszár nem szerepel tápanyagforrásként, azonban az akkori viszonyokat figyelembe véve ez nem is látszik indokoltnak. A táblázat adatai arra utalnak, hogy bár a termések,

7. táblázat

Magyarország tápanyagmérlege az 1932—36. valamint 1960—64. években
(mezőgazdaságilag hasznosított terület)

Mérleg tétel	1932—1936				1960—1964			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen
1000 tonnában								
Terméssel kivont	299,3	111,4	286,1	696,8	330,1	128,7	334,3	793,1
Visszapótlás:								
Istállótrágyával	50,0	50,0	120,0	220,0	51,2	51,2	122,9	225,3
Műtrágyával	1,0	5,8	0,3	7,1	109,8	82,0	47,7	239,5
Összesen	51,0	55,8	120,3	127,1	161,0	133,2	170,6	464,8
Egyenleg	—248,3	—55,6	—165,8	—469,7	—169,1	4,5	—163,7	—328,3
kg/hektárban								
Terméssel kivont	39,6	14,7	37,8	92,1	46,9	18,3	47,5	112,7
Visszapótlás:								
Istállótrágyával	6,6	6,6	15,9	29,1	7,3	7,3	17,5	32,0
Műtrágyával	0,1	0,8	0,0	0,9	15,6	11,6	6,8	34,0
Összesen	6,7	7,4	15,9	30,0	22,9	18,9	24,3	66,0
Egyenleg	—32,8	—7,3	—21,9	—62,1	—24,0	0,6	—23,2	—46,7
Visszapótlás inten- zitása %	16,9	50,3	42,1	32,6	48,8	103,3	51,2	58,6

illetve a termésekkel felvett NPK-mennyiségei mintegy 25—30%-kal alacsonyabbak az 1971. évinél, a mérleg mégis jelentős hiánnyal zárul nitrogénben és káliumban, foszforban is éppen hogy egyensúlyban van. Az istállótrágyával bevitt tápanyagok mennyisége alig változott az 1970-es évek eleje-közepe óta, azonban műtrágyákban több mint 3-szor annyi nitrogént és foszfort, valamint 6-szor annyi káliumot juttattunk a talajba mint 1971-ben.

Az 1930-as évekre ZUKKER [48] és FARKAS [10] állított fel országos mérlegeket. Tekintve azonban, hogy ezek a mérlegek más elvekre és irányszámokra épülnek, mint az eddig bemutatott tápanyagmérlegek, így az 1932—36. évekre is saját becsléseinket mutatjuk be a 8. táblázatban. Míg az 1971., illetve 1975. évekre egy-egy év mérlegét mutattuk be, addig az 1930-as évekre 4 év átlagával dolgozunk. Célunk ugyanis az volt, hogy a 30-as évekre stabil átlagokat nyerjünk, míg a 70-es években a tápanyagforgalom módosulásait a dinamikusán emelkedő műtrágyafelhasználás eredményeképpen érzékeltessük. Ebben az időszakban a tápanyagmérleg alakulását alapvetően a műtrágyafelhasználás trendje szabta meg, melyet a több átlaga helyett az 1971. és 1975. év szembeállítására hangsúlyoz.

A 7. táblázat adataiból kitűnik, hogy a II. világháború előtti évtizedekben tápanyaggazdálkodásunk valóban jelentős hiánnyal zárult mind a három tápanyagban. A 30-as évekre kapott becslés eredményeit az azt megelőző évtizedekre is elfogadhatónak tekinthetjük, lényegében a századfordulótól az 1950-es évek elejéig, századunk első felére, hiszen sem termésátlagaink, sem az istállótrágyatermelés, illetve a műtrágyafelhasználás lényegesen nem változott ez alatt az időszak alatt. A foszfor és a káliumnak mintegy felét, míg a nitro-

8. táblázat

Magyarország tápanyaggazdálkodásának alakulása az 1930-as évektől
(illetve a századfordulótól) napjainkig. Mezőgazdaságilag hasznosított terület, kg/ha

Időszak	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen	%
Termésekkel felvett, összesen					
1932—36. között	30,6	14,7	37,8	92,1	100
1960—64. között	46,9	18,3	47,5	112,7	122
1971-ben	64,4	24,0	61,3	149,7	162
1975-ben	79,7	29,3	76,5	185,5	201
Visszapótlás istállótrágyával					
1932—36. között	6,6	6,6	15,9	29,1	100
1960—64. között	7,3	7,3	17,5	32,0	110
1971-ben	8,5	8,5	20,4	37,4	128
1975-ben	8,6	8,6	20,7	37,9	130
Visszapótlás kukoricaszárral					
1971-ben	5,5	2,8	16,6	24,9	100
1975-ben	8,5	4,2	25,4	38,1	153
Visszapótlás műtrágyákkal					
1932—36. között	0,1	0,8	0,0	0,9	100
1960—64. között	15,6	11,6	6,8	34,0	3 777
1971-ben	57,4	36,6	45,1	139,1	15 456
1975-ben	79,1	63,4	81,7	224,2	24 911
Visszapótlás összesen					
1932—36. között	6,7	7,4	15,9	30,0	100
1960—64. között	22,9	18,9	24,3	66,0	220
1971-ben	71,4	47,9	82,1	201,4	671
1975-ben	96,2	76,2	127,8	300,2	1 001
Egyenleg					
1932—36. között	-32,9	-7,3	-21,9	-62,1	33+
1960—64. között	-24,0	0,6	-23,2	-46,7	59+
1971-ben	7,0	23,9	20,8	51,7	134+
1975-ben	16,5	46,9	51,3	114,4	162+

+ A visszapótlás intenzitása jelzi, hogy a terméssel felvett tápanyagok hány %-át pótoltuk vissza trágyázással.

génnek több mint 80%-át nem pótoltuk vissza évenként trágyákkal. Ha a pillangósokat N forrásként vesszük is figyelembe — feltesszük, hogy évenként és hektáronként mintegy 50 kg nitrogént hagyunk magunk után a talajban — akkor kb. azonos nagyságrendű bevételi forrásról beszélhetünk, mint az istállótrágya N-tartalma. A nitrogén visszapótlása tehát így is csak 30% körül.

Tápanyaggazdálkodásunk alakulását a 30-as évek, illetve a századforduló óta eltelt időszak függvényében a 8. táblázatban tekinthetjük át. Amint látható az adatokból a termések dinamikus emelkedése a 60-as évektől kezdődik és napjainkig a kivont tápanyagok mennyisége mintegy megduplázódott a 30-as évekhez viszonyítva. Az istállótrágya termelése lényegesen nem változott, becsléseink szerint a visszapótlott tápanyagok megközelítően 1/3-dal növeked-

tek az elmúlt évtizedekhez képest. A termésátlagok emelkedése egyértelműen a műtrágyázás emelkedésével mutat összefüggést, amely szintén a 60-as évek elejével számottevő. A növekedés a 30-as évek átlagához viszonyítva mintegy 250-szeres a műtrágyafelhasználásban, melynek eredményeképpen a korábbi évenkénti és hektáronkénti közel 60 kg körüli összes hatóanyag-hiány helyébe több mint 110 kg többlet lépett 1975-ben. A tápanyagvisszapótlás intenzitása, a visszapótlás mértéke 33%-ról 162%-ra emelkedett ugyanazon idő alatt.

A tápanyagtöbbletek ténye jelzi, hogy az intenzív műtrágyázás bevezetése óta egyre kevésbé vagyunk a talaj természetes tápanyagszolgáltató képességére utalva, különösen P esetén, ahol 200–250% visszapótlási intenzitással évente mintegy 40 kg körüli P_2O_5 /ha mennyiséggel gyarapodik talajaink P-tartalma. A műtrágyahatásokat befolyásoló talajtényezők egymáshoz viszonyított súlya is módosul, mert a talajtípusnak a tápanyagkészletet korábban meghatározó szerepét egyre inkább a megelőző műtrágyahasználat (utóhatás) befolyásolja alapvetően. Egy adott talajon is eltérőek a termésszintek, illetve a műtrágyahatások a trágyázási múlt függvényében.

Következtetések

Hazánk mezőgazdaságilag hasznosított területének egészét tekintve, becseink szerint, a termésekkel felvett nitrogén 100–120, a foszfor 240–250, illetve a kálium 130–140%-át pótoltuk vissza 1975-ben. Az összes visszapótlott tápelem 80–85%-át a műtrágyák fedezték. Tekintettel arra, hogy a rétek és legelők jelentős része műtrágyázásban nem, vagy alig részesül, a tápanyagvisszapótlás mértéke valójában még mintegy 30%-kal magasabbra tehető a szántókon. Mezőgazdaságunk tápanyaggazdálkodását elemezve arra a megállapításra juthatunk, hogy a műtrágya felhasználásunkban jelenleg tapasztalható „túltrágyázás”-ra való törekvés, illetve a nemzetközi összehasonlításban is igen magas fajlagos műtrágyafelhasználásunk több hatótényező együttes eredőjeként alakult ki.

Az erős túltrágyázásra való törekvés a modern árutermelő iparszerű termelési rendszerekből adódik. A növekvő holtmunkaráfordítás egységnyi területen, a drága gépek és géprendszerek, vegyszerek elterjedése olyan mértékben növelik az önköltségeket, hogy a termelés ebben a rendszerben csak magas és növekvő termésszinteken (napjainkban pl. 40–50 q/ha gabonahozamok mellett) gazdaságos. A kézi munkaerő megtakarítása ezeket a terheket közel sem képes ellensúlyozni. Ebből adódóan megnöttek a talaj termékenységevel szembeni követelmények, amely maga után vonja a talajgazdagító trágyázást, a túltrágyázást. A tápelemellátottság nem kerülhet minimumba, nem okozhat terméskiesést, a termelés csak a tápanyagokkal jól ellátott talajokon folyhat.

Talajaink tápanyagállapota ma még nem tekinthető kielégítőnek. Bár pontos felmérések országos szinten még nem állnak rendelkezésünkre, azonban az eddig végzett nagyszámú talajvizsgálati adat arra utal, hogy talajaink mintegy 1/3-a gyengén, 1/3-a közepesen és kb. 1/3-a jól ellátottnak tekinthető a főbb makrotápelemekkel. Országosan átlagosan közepes ellátottságot feltételezve tehát, indokoltnak látszik egy bizonyos mérvű túltrágyázás, a terméssel felvett foszfor és kálium mennyiségét 40–50 kg/ha P_2O_5 , illetve K_2O hatóanyaggal meghaladó trágyázás. Amint, feltehetően az ezredfordulóra, megközelítjük és elérjük a talajok kielégítő ellátottsági szintjét (eltűnnek a gyengén és közepesen ellátott talajok), ez a túltrágyázás csökkenthető lesz.

Le kell számolnunk azonban azokkal az illúziókkal, hogy feltehetően az ezredfordulóra rátérhetünk a terméssel felvett tápelemek egyszerű visszapótlására, hogy a talajok termékenysége így is fenntartható lesz, hogy akkor a tápelemigény és a trágyaigény nem válik majd ketté, a talaj a növény tápelemigényét nem módosítja és a műtrágyaigény megállapítása a növény fajlagos tápelemtartalmának és a tervezett termésnek egyszerű átszorzására egyszerűsödik. Bizonyos tápelem veszteségekkel ugyanis a jövőben is számolnunk kell, mint pl. a lekötődés, kimosódás, denitrifikáció, stb. Más oldalról a jövő agrotechnikai eljárásai, fajtái mellett minden bizonnyal magasabb termésszinteket érhetünk majd el. Amit ma kielégítően vagy jól ellátott talajnak tartunk, azt a mai terméskilátások, lehetőségek behatárolják. Az agrokémiai kutatás története azt bizonyítja, hogy a talaj tápanyagellátottságának színvonala és a termésszintek között szoros az összefüggés, a „jó” ellátottság, illetve annak tekintett talajvizsgálati határértékek állandóan változtak, egyre magasabb ellátottságot tekintünk kielégítőnek ugyanazon a talajon és ugyanazon módszer esetén is. Így pl. az elmúlt két évtizedben nemcsak a gabonahozamokat dupláztuk meg Magyarországon, hanem a hazánkban szabványként elfogadott AL-módszerre vonatkozó, a talaj foszor és kálium „kielégítő” ellátottságát jelző ellátottsági határértékeket is.

Ami gazdálkodásunk egészét, módját illeti, a jövőben sem számolhatunk a rétek és legelők olyan mérvű belterjes (intenzív trágyázás öntözéssel párosulva) művelésével országosan, amely alapvetően és országosan megváltoztatná földhasznosításunk jellegét. Mezőgazdaságunkra jellemző. Nyugat-Európához viszonyítva kontinentálisabb jelleg, növénytermesztő túlsúly, a gabonatermelő monokultúras gazdaságok túlsúlya a jövőben is érezteti majd hatását tápanyaggazdálkodásunkban és az ország műtrágyaigényét növelő tényező marad. Nem várható az állatsűrűség és az istállótrágya-termelés radikális emelkedése.

Minden bizonnyal alapvető változásoknak leszünk tanúi a műtrágyafelhasználás szakszerűsége terén. Létrejött, illetve kialakulóban van az egységes szaktanácsadás rendszere, intézményei. A talaj- és növényvizsgálatokra alapozott, a talaj tápanyagellátottságának és a növény tápanyagfelvételének ismeretére épülő tudományos igényű műtrágyaigény becslése lehetővé teszi a környezetet is kímélő, leggazdaságosabb adagok megállapítását. Kétségtelen, hogy a sablonszerű trágyázás hatékonysága csekély és esetleges. Ugyanakkor a szakszerű műtrágyázás egyben a leghatékonyabb környezetvédelmet is jelenti. Rövidesen várható, hogy véglegesen megoldódik a veszteségmentes műtrágya-tárolás, raktározás, forgalmazás is, amely gyakran 10–20%-ot is meghaladó veszteségeket okozott.

A szaktanácsadást említve tágabban maga a kutatás is ideértendő, elsősorban az agrokémia oldaláról, amennyiben alapvető célja közvetve és közvetlenül a növényi tápelemszükséglet megállapítását célzó módszerek kidolgozása, finomítása, a szaktanácsadási módszerek továbbfejlesztése. Újabban egyre több kísérleti adat, üzemi tapasztalat utal arra, hogy az erős túltrágyázásra való törekvés komolyan veszélyeztetheti a talaj termékenységet, a növények betegségellenállóságának csökkentéséhez, terméscsökkenéshez, a talajoldat tápelemegyensúlyának meghomlásához, egyes talajok elsavanyodásához vezethet. Az intenzív tartós műtrágyázás befolyásolja a termesztési szempontból fontos mikroelemek felvételét ionantagonizmusokat és szinergizmusokat okozva. Az e téren folyó, vagy a közelmúltban megindult hazai kutatások fontosságát annál

is inkább hangsúlyozni kell, mert a tartós intenzív műtrágyázás ilyen irányú, talajra és növényre gyakorolt hatása még kevésbé feltárt.

Az intenzív műtrágyázás ugyanis Nyugat-Európában is csak a II. világháborút követően, az 50-es évek végével kezdődött. Hazánkban országosan a 70-es évek elejétől beszélhetünk olyan mérvű intenzív műtrágyázásról, illetve tápanyaggazdálkodásról, amely mindhárom tápelem tekintetében jelentősen meghaladta a termésekkel felvett NPK mennyiségét és így pozitív mérleghez vezetett a talajban. Amennyiben sikerül a kutatásnak rövid idő alatt hatékony módszert adni a növények kiegyensúlyozott tápláltságának kontrolljához, valamint hatékony mikroelemtrágyázási eljárásokat javasolnia a szaktanácsadásnak, úgy nagy tartalékokat tárhatunk fel a jövőben. A mikroelemhiányok felderítésével, mikroelemtrágyázással gyorsan és olcsón növelhetők a fő tápelemek (NPK) hatásai, megakadályozhatók az esetleges terméseszkendések. Különös fontosságú számunkra e feladat mielőbbi felismerése és megoldása, mert hazánkban a rendszeresen istállótrágyázott terület részaránya igen kevés, mindössze évi 10–15%. A rendszeres istállótrágyázás elejét veszi a mikroelemhiányoknak, mert jelentős mennyiségű mikroelemet tartalmaz a növényi szükségletnek megfelelő arányban.

Irodalom

- [1] BALLA, A.-NÉ.: Az istállótrágya tápanyagai érvényesülésének vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. 7. 233–242. 1958.
- [2] BALLA, A.-NÉ.: Az istállótrágya és a műtrágyák hatásának vizsgálata különböző termőhelyeken tartamkísérletekben. In: *Trágyázási Kísérletek 1955–64*. 96–130. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1967.
- [3] BAUMGARDNER, M. F.: Bodenuntersuchungen in den USA. *Die Phosphorsaure*. 19. 361–374. 1959.
- [4] COOKE, G. W.: The Nation's Plant Food Larder. *J. Sci. Food Agric.* 9. 761–772. 1958.
- [5] COOKE, G. W.: Trágyázás és jövedelmező gazdálkodás. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1965.
- [6] CSERHÁTI, S. & KOSUTÁNY, T.: A trágyázás alapelvei. Országos Gazdasági Egyesület Könyvkiadó. Budapest. 1887.
- [7] CSURKIN, K. G.: Balansz azota, foszfora i kalija v zemledelii Uralszkoj zonü. *Agrohimija*. (11) 64–69. 1969.
- [8] DORNER, B.: A kereskedelmi trágyák történelme, gyártása és használata. *Atheneum*. Budapest. 1925.
- [9] ENYEDI, GY.: A Föld mezőgazdasága. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1965.
- [10] FARKAS, Á.: Magyarország talajerőmérése. *Magyar Gazd. Kut. Int.* Budapest. 1942.
- [11] GERICKE, S.: Nährstoffbilanzen. *Landw. Forsch.* 20. 213–220. 1967.
- [12] GETMANEC, A. JA. et al.: Balansz pitatelnüh vescsesztv v zemledelii Dnepropetrovszkoj oblaszti i puti ego ulucsenija. *Agrohimija*. (2) 55–62. 1976.
- [13] GISIGER, L.: Landwirtschaft und Düngewirtschaft in der Schweiz. V. Weltkongr. f. Düngungsfr. *Actes du Congres* 1. 1–19. Zürich. 1964.
- [14] GÓR NAGY, S.: A magyar vegyipar feladatai a mezőgazdaság kemizálásában. A mezőgazdaság kemizálása. *Ankét. Keszthely*. 15–21. NEVIKI. Veszprém. 1972.
- [15] GYÖRFFY, B.: Talajtermékenység és Kemizálás. *Tudomány és Mezőgazdaság*. 3. 11–20. 1965.
- [16] ICSINHORLOO, SZ. & CSULTEMSZUREN, L.: Szosztojanie i perszpektivü primenenija udobrenij v Mongolszkoj Narodnoj Reszpublike. Niveau und Entwicklung der Anwendung von Mineraldüngemitteln in den RGW-Mitgliedsländern. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin*. (137) 59–67. 1974.
- [17] KÁDÁR, I.: A foszforműtrágyázás hatékonysága különböző foszforellátottságú talajon. A mezőgazdaság kemizálása. *Ankét. Keszthely*. 1. 141–147. NEVIKI. Veszprém. 1974.
- [18] KÁDÁR, I.: A foszfor-műtrágya igényének becslése növény- és talajvizsgálatokkal. A mezőgazdaság kemizálása. *Ankét. Keszthely*. 85–88. NEVIKI. Veszprém. 1976.

- [19] KÁDÁR, I.: Ausztria talajainak NPK forgalma. *Agrokémia és Talajtan*. **26**. 481—490. 1977.
- [20] KÁDÁR, I.: Összefüggések a talaj termékenysége és tápanyagellátottsága között, Kandidátusi disszertáció. MTA TAKI. Budapest. 1978.
- [21] KÁDÁR, I., ELEK, É. & ZILAHY, P.: Az őszi búza tápanyagforgalmának vizsgálata. *Magyar Mezőgazdaság*. **31**. (49) 9—10. 1976.
- [22] KOPETZ, L. M.: Nährstoffangebot und Nährstoffentzug als Grundlagen der Düngungsplanung. *Der Förderungsdienst*. **6**. 1—4. 1958.
- [23] KRÁMER, M.: Műtrágyák és az istálló-trágya hatásának, illetve kölcsönhatásának vizsgálata a martonvásári tartamkísérletekben. In: *Trágyázási Kísérletek 1955—1964*. 131—151. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1967.
- [24] KRÁMER, M. et al.: Néhány martonvásári hibridkukorica fajlagos NPK tartalma Közép- és Észak-Magyarország-i termőhelyeken. *Kukoricatermesztési Kísérletek*. **5**. 51—61. 1979.
- [25] LATKOVICS, GY. NÉ.: A műtrágyagyártás és felhasználás jelenlegi helyzete és várható irányzatok. *Agrokémia és Talajtan*. **21**. 215—248. 1972.
- [26] LÁNG, G.: Istállótrágyagazdálkodás a vetésváltó földművelési rendszerben. Keszthelyi Mg. Akad. Kiadv. Budapest. 1960.
- [27] LIEBIG, J.: *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. 9. Aufl. Vieweg & Sohn. Braunschweig. 1876.
- [28] MARKOVSKIJ, A. G.: Balansz azota, foszfora i kalija v pahotnüh pocsvah Kujbüesvszkoj oblaszti i puti ego ulucsenija. *Agrohimija*. (10) 50—60. 1971.
- [29] MARX, K.: A tőkés termelés előtti tulajdonformák. Szikra. Budapest. 1953.
- [30] Mezőgazdasági Statisztikai Zsebkönyv. KSH. Budapest. 1972.
- [31] Mezőgazdasági Statisztikai Zsebkönyv. KSH. Budapest. 1976.
- [32] NAJDIN, P. G. & GULIDOVA, I. V.: Geograficeszkije oszobennosztii biologiceszkzogo vünosza iz pocsvü azota, foszfora i kalija. *Agrohimija*. (10) 130—140. 1969.
- [33] PARKER, F. W.: Udobrenie i ekonomiceszkoe razvitie. In: *Udobrenija*. Izd. Kolosz. Moszkva. 1965.
- [34] PETERBURGSKIJ, A. V.: O balansze azota, foszfora i kalija v zemledelii SzSzsZR. *Izv. AN SzSzsZR. Szer. Biol.* (5) 637—648. 1968.
- [35] PONOMAREVA, A. T.: O balansze azota, foszfora i kalija v zemledelii Kazahsztana. *Agrohimija*. (12) 45—60. 1969.
- [36] POSZTNIKOV, A.: A mezőgazdaság kemizálása és a talaj tápanyagmérlege. *Nemz. Mezőgazd. Szemle*. **20**. 15—18. 1976.
- [37] PRJANISNIKOV, D. N.: Azot v zemledelii SzSzsZR. 1945. In: *Populjarnaja Agrohimija*. Izd. Nauka. Moszkva. 1965.
- [38] SARKADI, J.: A műtrágyázás fejlődése és alkalmazásának néhány problémája. *Agrártud. Közlem.* **28**. 177—182. 1969.
- [39] SARKADI, J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1975.
- [40] SARKADI, J.: Műtrágyaigény megvitatása (1880—1990). Növénytermesztési Munkabizottság Ülése. Kézirat. Budapest. 1976.
- [41] SARKADI, J. & BÁNÓ, T.: Szerves és műtrágyák hatásának vizsgálata tartamkísérletekben. In: *Trágyázási Kísérletek 1955—1964*. 74—95. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1967.
- [42] SARKADI, J. & STEFANOVITS, P.: A műtrágyaelosztás országos tervezéséhez. II. *Agrártudomány*. **9**. (7) 15—22. 1975.
- [43] SÁRKÁNY, P.: A műtrágyázás távlatai. *Tudomány és Mezőgazdaság*. **6**. (5) 23—27. 1968.
- [44] SZOKOLOV, A. V. et al.: Ocserednüe zadaci izucsenija plodorodija pocsv i putěj ogo povüsenija. *Pocsvovedenie*. (1) 8—20. 1963.
- [45] SZOZINOV, A. A.: Urozsaj i Kacsesztvo zerna. Novoe v zszni, nauke, technike. Szer. Szelszkoe hozjajsztvo. (4) Izd. Znanie. Moszkva. 1976.
- [46] TÓTH, T. & KUZMIÁK, M.: A magyar talajerőgazdálkodás helyzete és jövője a tervgazdaságban. *Agrártudomány* **1**. 65—85. 1949.
- [47] TRUTNEV, A. G.: Celinnüe i zalezsnüe zemli szeverozapadnoj zonü, ih oszvoenie i effektivnoszt' udobrenij na nih In: *Effektivnoszt' udobrenij na vnov oszvaivae-müh zemljah*. Izd. Leningr. Universz. Leningrád. 1963.
- [48] ZUKKER, F.: Mezőgazdaságunk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. *Mezőgazd. Közöny*. **11**. 10—16. 1938.

Érkezett: 1979. március 10.